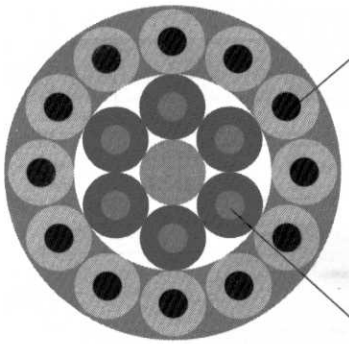


断面構造から予測する

スピーカーケーブルの音質傾向

根岸邦夫 NEGISHI Kunio

MJ2010年3月号に「ケーブルの減衰量と挿入損失」という表題で，デジタル伝送用のケーブルにおいて，インピーダンスマッチングが保たれない場合の問題を扱った．この手法を使用すると，スピーカーケーブルの断面構造による音質傾向を知ることができる．ケーブルを試聴して選択できない場合などに参考にしていただければと思う．

ケーブルの電気的等価回路と挿入損失

ケーブルの電気的等価回路は**図1**に示すように，スピーカーケーブル長は伝送する信号の波長より充分短いので，**図1**の回路を集中定数回路，すなわち1個だけを考えればよい．挿入損失；α_i（以下“I_L”と記す）は**図2**のように，ケーブルの両端にケーブルの特性インピーダンス（以下“Z_0”と記す）と違ったインピーダンスの回路が接続されたときに，ケーブル内で消費するエネルギー量と定義される．

代表的なスピーカーケーブルの周波数特性を**図3**に示すが，ここで注意しなければならないのは，音声帯域においてはケーブルのZ_0は低音域では1000Ω程度あるものが，周波数が上昇するにつれ，設計次第ではあるが，高音域では数十Ωまで低下して，おおむね100kHz以上では一定になる特性を持っている．

ケーブルの両端がZ_0で終端されたときにケーブル内で失われるエネルギーが「減衰量」であるが，**図3**に示すように，ケーブルのZ_0は音声帯域で大きく変動するので，両端に接続されるアンプ，スピーカーシステムとZ_0のマッチングを採るのは不可能で，スピーカーケーブルに関する限り，減衰量は実際のエネルギーロスではない．ただし，ケーブル単体を見たときに減衰量のカーブから得られる情報もある．たとえば，絶縁体の比誘電率が周波数的に変動していると減衰量カーブの傾きが変わる，表皮効果が発現する周波数では変曲点が現れるなどだ．

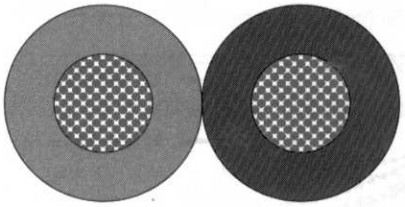
音声帯域は大変広いので，帯域全体をカバーする特性を評価しなければならない．人間の聴力は正弦波の場合20Hz～20kHzが可聴帯域とされているが，人の声や楽器の音は単純な正弦波ではなく，波形の違いにより音の違いが発生する．それゆえ音楽信号は歪波交流であり，基本波に加え，多くの高調波成分を含み，ケーブル特性としては100kHz程度までの伝送特性の評価が必要である．たとえば，同じ音楽信号がデジタルで44.1kHzと192kHzとでサンプリングされた音楽信号が違って聴こえることを考えれば，正弦波での可聴帯を超えた高周波域でのケーブル特性の評価も必要である．

実際に，スピーカーケーブルの両端に付く機器はパワーアンプとスピーカーシステムである．パワーアンプは大きく分けて，半導体アンプと真空管アンプがあるが，この出力インピーダンスは大きく異なり，半導体アンプでは数十mΩ，真空管アンプでは数Ωである．ただ，この出力インピーダンスの周波数特性は音声帯域ではほぼ一定であり，ケーブルのZ_0に比べ小さく，I_Lを大きく変化させることはない．

一方，スピーカーシステムのインピーダンス特性は低域共振の周波数帯で上昇するのは共通しているが，それ以上の周波数帯では，スピーカーシステムの構成により，変動の仕方は異なる．**図4**に，シングルコーンスピーカーにAVCTのSP-6P-MKⅡと4mm²の導体断面積を持った2心平行のスピーカーケーブルでのケーブル特性例を示す．スピーカーのインピーダンス；Z_{sp}を1kHzで8Ωのものを16Ωに意図的に変えてみると，ケーブルのI_Lの特性には逆のピークが発生する．このことから，ケーブルのI_Lの特性はスピーカーシステムのインピーダンス特性の影響を受けることがわかる．すなわち，スピーカーシステムに対して，適した，または音質改善をもくろむなら，選択すべきスピーカーケー

［表1］2心平行コードの構造（SQ；導体断面積“mm²”を示す.）

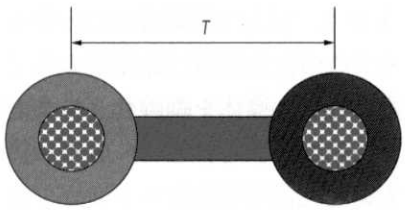
公称導体断面積	導体外径〔本/mm〕	絶縁厚〔mm〕	ケーブル外径〔短径×長径mm〕
1SQ	1/1.13	0.57	2.26×4.52
2SQ	1/1.60	0.80	3.2×6.4
4SQ	1/2.30	1.15	4.6×9.2



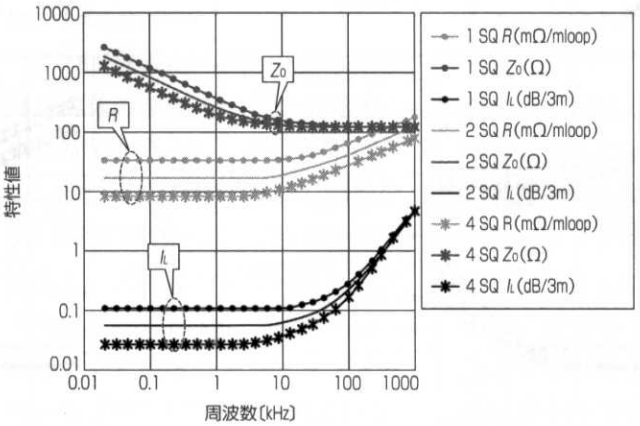
［図5］ 平行2心コード

は3kHzである．導体が太くなるにしたがって，上昇を開始する周波数は低下し，上昇の割合も大きくなる．I_Lが上昇をするということは，スピーカーシステムに送られるエネルギーが少なくなることであるので，導体が太くなるにしたがって，バランスとして高音域の音が出にくくなり，低音域強調型のスピーカーケーブルとなる．

今一つ，Rのグラフは，I_Lと同様に高周波域で上昇する．この上昇を開始する周波数はI_Lが上昇する周波数と同じであることがわかる．Rが周波数の増加にともなって上昇するのは表皮効果が発現するからで，銅線の10kHzでの表皮深さは約0.6mmと，1SQ導体の半径とほぼ等しく，Rの上昇の主因が表皮効果であることがわかる．



［図7］ 2心平行フィーダー型コード



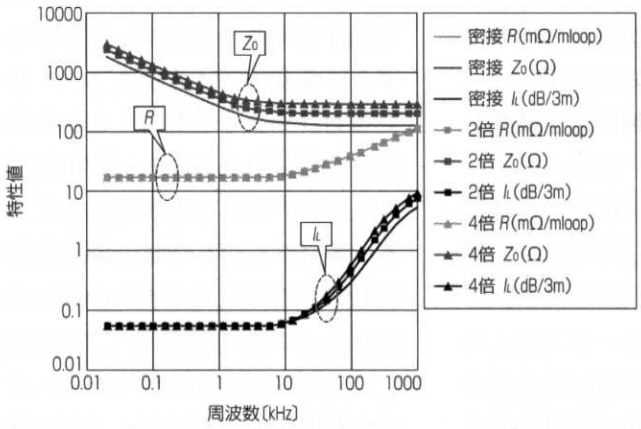
［図6］ 2心平行フィーダー；導体断面積による特性比較

このように導体に発現する表皮効果は，スピーカーケーブルの音質を変化させる主要因であることがわかる．

特に低音域を充実させたいときは太い導体の平行コードが役立つ．ここでは平行コードと記すが，2心が撚ってあっても同じことである．

②2心平行フィーダー型コード；導体間隔の効果

ここでの課題は導体の間隔を変えたときに音質傾向がどのように変化するかである．構造表を**表2**に示すが，**表1**の2SQの構造を基準にして，**図7**のように導体間隔を2倍，4倍とした場合の特性変化を**図8**に示す．



［図8］ 2心平行フィーダー線タイプ；導体断面積による特性比較

［表2］2心平行フィーダー型コード構造 （導体断面積；2mm²（1/1.6mm））

絶縁電線間隔	導体外径〔本/mm〕	絶縁厚〔mm〕	導体中心間距離；T〔mm〕
密接（2心平行）	1/1.60	0.80	3.2
2倍間隔	1/1.60	0.80	6.4
4倍間隔	1/1.60	0.80	12.8

献4). 100Hzでの静電容量は100kHzの倍になることであり，低音域の音の出が悪くなる．ポリエチレン（PE）やフッ素樹脂のPTFEではε_sは小さく，周波数によらず一定で安定な音質を得ることができる．比誘電率が周波数によらず変わらない材料のものを選定することが，低域から高域まで広帯域を得る上では重要である．逆に，PVC絶縁で導体が4SQを超えるような2心のスピーカーケーブルを作ると，低周波域も高周波域も音の出の悪い，かまぼこ型の音質傾向のケーブルができる．

また絶縁材料のなかには，経時的に特性が変化・変質するものがあるので注意が必要だ．その代表的な例は透明のPVC絶縁である．PVCは塩ビ管のように，本来は固い材料で，電線用に用いるために可塑剤という液体をPVCに混ぜるが，透明にするには大量の可塑剤が必要である．この過剰な可塑剤は時間とともに導体および電線の外に沁み出してくる．可塑剤はPVCの中の塩素も一緒に運ぶので，導体に触れた塩素は銅線の表面で塩化銅を作り，銅の光沢をなくし，さらには銅線が黒変する．信号伝送上最も重要な導体表面が侵されることは，長期にわたって良好な音質を維持できないことになる．

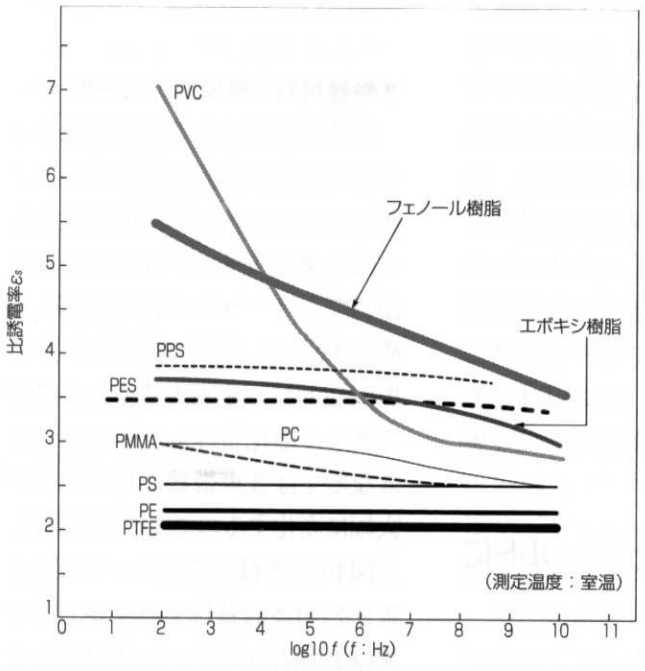
前項で，導体が均一で断面が円形であることが重要であると述べたが，絶縁材料やシース（外被）も均一な厚さで被覆されることが，音質上は重要である．目で見ても導体が絶縁体の中心にない（偏心）ことがわかる製品は，絶縁の最大・最少厚さに20%以上差があり，通信ケーブルでは不良品扱いである．

このような偏心した絶縁体の製品では，往復導体が作る電磁界が不均一となり，良好な音質は得られない．ケーブルの断面を観察する際は，ケーブルが作られた製造技術上の品質にも目を光らせることが大切である．

③スピーカーケーブルに施されたシールド

シールドが施されたケーブルはどのようなものであっても，シールドを接地（アース）しなければ，外来ノイズから身を守ることはできない．スピーカーケーブルにもシールドが施されている製品がかなりあるが，接地用のリード線が付けられたケーブルにお目にかかったことがほとんどない．購入者がアンプのアース端子に自分で接続しているのだろうか？

シールド線を接地せずに解放状態で置くと，シールドの金属部には，スピーカーケーブルを伝わる信号の電磁界が渦電流を発生させる．この渦電流から発生した電磁界は，元の音楽信号の電磁界を妨げる役目を果たす．このために，シールドがない製品に比べ，ケーブル内でのエネルギーロスが増えるので音質が変わる．ケーブル設計上はシールドを施すと導体間の静電容量が大きくなるのでエネルギーロスが大きくなる．音質がよくなるか悪くなるかはそのセット次第であろうが，厚着をして運動をするようなものである．



［図12］ 各種プラスチック材料の比誘電率の周波数特性

あとがき

ここでは，スピーカーケーブルの内部で実際に失われるエネルギーである挿入損失の周波数特性を基に音質傾向を示した．スピーカーケーブルの断面を見て，間違えなく好みの音が出るケーブルを選定するお手伝いができれば幸いである．

〔参考文献等〕

(1) 小林夏雄：通信線路伝送理論，電子通信学会編，コロナ社（1973）

(2) URL「AVケーブルの教科書」：http://homepage2.nifty.com/NEGY/

(3) 根岸邦夫：ケーブルに減衰量と挿入損失，MJ無線と実験，2010年3月号，pp.43－45

(4) 安田武夫：プラスチック材料の各種特性の試験法と評価結果，プラスチックス，Vol.52, No.5（2001）